चंद्रावर स्वारी : वाहन आणि मार्ग

विज्ञानाच्या इतिहासांत १९६० ते १९७० या दशकाचा कालखंड हा एक फार महत्त्वाचा टप्पा ठरणार आहे. महत् प्रयास करून देखील, आपल्या या धरतीवरचेच दूरदूरचे नवे प्रदेश धुंडाळणें, या पलीकडे मानवाच्या संचाराची मजल आतापर्यन्त गेली नव्हती, पण, या ८/९ वर्षांतील प्रयत्नांनी अघटित तें घडलें आहे. पृथ्वीच्या निकटचा आकाशस्थ ग्रह जो चंद्र, त्या चंद्रावर जाऊन येण्याचें प्रस्थान माणसानें ठेवलें व ती सफर यशस्वीहि झाली आहे.

रशिया आणि अमेरिका या दोन्ही राष्ट्रांचे चंद्रावरच्या स्वारीचे प्रयत्न चालूं आहेत, व स्वारीच्या तयारीच्या वेगवेगळ्या उपक्रमांत, कधी एकाची तर कधीं दुसऱ्याची सरशी व्हावी असें घडत आहे. त्या उपक्रमांच्या वर्णनावरून तंत्र व विज्ञान यांची केवढी विलक्षण झेप सद्यःकालांत चालू आहे हें ध्यानीं येतें. प्रस्तुत लेखांत, अमेरिकेची एतद्विषयक जी योजना—अपोलो

योजना—तिच्या दोन महत्त्वाच्या तपशिलांची स्थूल माहिती सांगावयाचें योजिलें आहे, ते तपशील म्हणजे स्वारीचे वाहन व मार्ग.

आतां आधी ‘वाहन’ या शब्दाचा खुलासा करायला हवा. चंद्राच्या स्वारीकरतां नियोजित केलेले तीन अवकाश वीर ज्या यानांतून चंद्राकडे निघणार, वा तेथून परतणार, त्या यानाला या प्रवासाचें वाहन म्हणणें योग्यच होईल. पण पुढे स्पष्ट केल्याप्रमाणें, एकतर तें यान रेल्वेच्या डब्यासारखी एकसंध वस्तु नसून जोड-सोड करता येणाऱ्या तीन चार उपयानांचा संच आहे, व दुसरें, स्वत:च्या जोरावर चंद्राकडे मार्गस्थ होणे हेहि या संचाला शक्य नाहीं. अपोलो यानाला चंद्राकडे झोकून देण्याकरतां प्रचंड शक्तीची जरूरी असल्यानें, त्या कामीं सॅटर्न—५ या आजमितीला उपलब्ध असलेल्या सर्वात मोठ्या व महाशक्तिशाली अग्निबाणाची योजना केलेली आहे. सॅटर्न—५ ला वाटल्यास ‘वाहनाचें वाहन’ म्हणावें, पण, मुख्य स्थलांतराचें साधन तेंच होय. या लेखांत ‘अपोलो’ व सॅटर्न—५ या दोन्ही वाहनांची माहिती दिलेली आहे. अर्थात्, त्यांची रचना व कार्य यांची माहिती सांगताना, वाहनोपयोगी

उपांगांचें वर्णनच प्रामुख्यानें दिलें आहे. इतर सोयी सुविधा यांची चर्चा येंथें फारशी आढळणार नाही.

निघूंया आतां स्वारीला. प्रथम एका संभाव्य गैरसमजाचें निरसन करणे आवश्यक आहे. कुणाची अशी कल्पना असेल कीं, जसे एखादे जेट विमान, त्याचें इंजिन सतत चालू राहून, एका ठिकाणाहून शेंकडों मैल दूरच्या दुसऱ्या ठिकाणीं पोंचतें, तसेच चांद्रयानाला नेणारा अग्निबाण चंद्रापर्यन्तच्या आणि परतीच्या प्रवासाच्यावेळीं सतत चालूं राहात असेल, व यानाला पुढे रेटत असेल, फरक काय तो एवढाच कीं, चंद्रप्रवासाचें अंतर जास्त असल्यामुळें त्या कामीं जेट विमाना ऐवजी स्वयंपूर्ण अग्निबाण वापरला आहे. पण ही कल्पना सर्वथैव चूक आहे. अवकाशसंचार करणारा पदार्थ असा रेटला जात नाहीं, तर इष्ट दिशेंत तो फेकून किंवा झोकून दिला जातो, व हे होताना प्राप्त झालेला वेग आणि अवकाशातल्या जवळदूरच्या गोलांचें आकर्षण यांचा संकलित परिणाम होऊन पदार्थाचा मार्ग ठरतो, व त्या मार्गानेच तो अवकाशांतून जातो. ग्रह, उपग्रह इत्यादि अवकाशातलें गोल सुद्धा अनादि काला पूर्वी त्यांना मिळालेला वेग व त्यांची परस्परांतील

आकर्षणें यांच्या संकलित परिणामानुसार असेच भ्रमत आहेत.

अपोलो यान याच रीतीने चंद्राकडे झोकून दिलें जातें. झोकून देणारे साधन, सॅटर्न ५ अग्निबाण अर्थातच पुढील प्रवासांत भाग घेत नाहीं. आणि या कारणाने व्यावहारिक दृष्टीनें त्याला 'वाहन' म्हणणेहि कदाचित रास्त होणार नाही; पण स्थलांतराचें प्रमुख साधन तेंच होय हें स्पष्ट आहे. या बाबतीत घडतें तें असें कीं, यान चंद्राकडे भिरकावले जाण्याचा वेगच इतका मोठा असतो किंवा असावा लागतो कीं, मागें राहिलेल्या पृथ्वीच्या गुरूत्वाकर्षणानें वेग कमी कमी होत राहिला, तरी पुरेसा वेग केव्हांहि शिल्लक असतो. अर्थात् यानाचा पुढे प्रवास चालूच रहातो व तें नियोजित लक्षापर्यन्त पोंचतें.

तेव्हां पूर्ण शक्तीनें भूपृष्ठापासून उसळी मारायची, व हे करतांना मिळालेला पर्याप्त वेग नंतर पृथ्वीच्या आकर्षणाच्या विरोधांत खर्च करत करत दूर निघून जायचें, हें अवकाश संचाराला सुरवात करण्याचें सूत्र ठरतें.

एखादा पदार्थ सावकाशीनें उचलायला लागणारी शक्ति व तो झपाट्यानें झोकून द्यायला लागणारी शक्ति, यांची तुलना खाली दिली आहे. तिच्यावरून, अवकाश संचाराला लागणाऱ्या प्रचंड शक्तीची कल्पना येईल. सॅटर्न ५ अग्निबाणाच्या साह्यानें अपालो यान पृथ्वीपासून सुमारे १२० मैल उंचीवरील कक्षेंत आधी प्रस्थापित होते. त्या उंचीवरून पृथ्वीभोवती एक/दीड फेरी मारल्यानंतर तेथून ताशी २५,००० मैल वेगानें चंद्राकडे झोकून दिले जातें. आतां, केवळ १ पौंड वजनाच्या पदार्थाला या प्रमाणें फेकून चंद्रावर पोंचावयाचें असेल, तर त्या कामाला किती शक्ती लागेल तिचा हिशेब पहा. या कामाकरतां लागणाऱ्या शक्तीनें २ लक्ष ९० हजार टन एवढे प्रचंड ओझे जमिनीपासून एक फूट उंच उचलतां येईल. केलेले गणित पुनः पुनः तपासूनहि त्याच्या यथार्थतेविषयीं भ्रम निर्माण व्हावा असें हें उत्तर आहे. पण ते अगदी बरोबर आहे कारण वस्तुस्थिती तशी आहे.

अपोलो यान संचाचें वजन आहे सुमारे ४५ टन म्हणजे ४५ गुणिले २२४० पौंड तेव्हां हें वजन चंद्रावर पोंचेलसें फेकण्याला किती शक्ती लागेल त्याचें गणित करता येईल. उत्साही

वाचकांनी तें काम करावें. या गणिताचा निष्कर्ष मात्र असा निघतो कीं, अवकाश प्रवासाला निघतांना वहन क्रियेला आवश्यक नसलेल्या सामानाचे वजन शक्य तों कमी केले पाहिजे.

अग्निबाणाच्या ज्वलनकोष्ठांत इंधनमिश्रणाने निर्माण होणाऱ्या उष्ण वायूच्या आगीचा झोत मागें बाणाच्या उत्सर्गिणींतून वेगानें बाहेर पडतो, व त्याच्या प्रतिक्रियेमुळें अग्निबाण पुढे उड्डाण करतो, तसेंच, अनेक कांडांच्या अग्निबाणांचें उड्डाण सुरूं झाल्यावर,मागचीं कांडें क्रमानें जळून गळून पडतात त्यामुळें वजन बरेच कमी झाल्यामुळें पुढची कांडें पेटल्यावर वाढलेल्या व वाढत्या वेगानें पुढें घुसतात हें अग्निबाणाच्या वेगसिद्धीचें तत्त्व प्रथम ध्यानीं घेणें इष्ट होईल.

सॅटर्न ५ अग्निबाण आणि त्याच्या शिरोभागीं बसविलेलें अपोलो यान दोघांची मिळून उंची ३६३ फूट, म्हणजे सुमारे २८ मजले उंचीच्या इमारती एवढी, बुडाशी व्यास ३३ फूट, आणि वजन २७७२ टन म्हणजे एका मालगाडीच्या वजनापेक्षांहि जास्त आहे. लहानमोठे लक्षावधी घटकभाग असलेल्या या राक्षसी धुडाची जुळणी, जोडणी,

तपासणी या कामाला कांहीं महिने तरी लागणारच. तेव्हां त्या मुदतींत क्षेपणतळ अडवून राहूं नये, दुसरीं व्हायची असतील तीं प्रक्षेंपणें चालूं राहावीत, या उद्देशानें जोडणीचें काम, तळापासून तीन मैलांवर उभारलेल्या तशाच एका राक्षसी इमारतींत केलें जातें; व नंतर अग्निबाण आणि त्याच्या शेजारचा जिन्याचा लोखंडी सांगाडा, यांचे सुमारे ५,००० टनांचे ओझे, तदर्थ तयार केलेल्या रन गाड्यासारख्या एका प्रशस्त गाड्यावर घालून ताशीं दीड मैल वेगानें तळावर आणले जाते. हा गाडा ओढणारें इंजिनच मुळी ५५०० हॉर्सपॉवरचे म्हणजे आपल्याकडील आगगाडीच्या विजेच्या दोन इंजिनांच्या इतकी ताकद असलेलें आहे.

सॅटर्न—५ अग्निबाण तसेच अपोलोचे प्रमुख घटकभाग व त्यांची कार्ये —

१— सॅटर्न—५ अग्निबाणाचें पहिलें कांड— १३८ फूट उंचीचें व २१३९ टन वजनाचें हें कांड अधिकांश म्हणजे सुमारे २,००० टन वजन केरोसीन व द्रव ऑक्सिजन या जोड इंधनांचें आहे. याला ५ इंजिनें आहेत. इंजिन म्हणजे ज्वलनकोष्ठ

व उत्सर्गिणी यांचा संच. त्यांच्याद्वारा सेकंदाला सुमारे साडे १३ टन या त्वरेनें १५० सेकंदांत म्हणजे अडीच मिनिटांत सर्व २००० टन इंधन जळून फस्त होते. इंधनांच्या टाक्यांतून इंधनें खेचून ती ज्वलनकोष्ठांत पिचकारणाऱ्या एकेका पंपाची ताकद एखाद्या तालुक्याच्या गावाला पाणीपुरवठा करणाऱ्या पंपाइतकी आहे. आणि हें प्रतिसेकंदाला जळणारे इंधनमिश्रण म्हणजे रॅाकेलचे ५५२ डबे भरून द्रव ऑक्सिजन व ३३८ डबे केरोसीन यांचें मिश्रण असते. हवेतल्या मोजक्या ऑक्सिजनच्या साह्यानेच स्टोव्हमध्यें केरोसीन जाळून, डबाभर केरोसीनवर आपण एक महिनाभर निर्वाह करतो. ही गोष्ट ध्यानीं घेतल्यास, एका सेकंदांत जळून जाणाऱ्या वरील साडे १३ टन प्रभावी मिश्रणापासून केवढी राक्षसी शक्ति निर्माण होत असेल याची कल्पना करता येईल.

या शक्तीचे मोजमाप हें कीं, पांचीं इंजिनांचा मिळून निर्माण होणारा उड्डाणाचा जोर, उत्प्रेरक, थ्रस्ट सुमारे पाऊणकोटी पौंड किंवा ३५०० टन इतका असतो. आतां जमीन सोडताना वाहनाचें वजन म्हणजेच त्याची जमिनीकडची ओढ २७७२ टनांची असल्यानें व वर उसळी मारण्याचा

जोर ३५०० टनांचा असल्यामुळें, ३५००—२७७२ म्हणजे सुमारे सव्वा७०० टनांचा निव्वळ उत्प्रेरक सुरवातीलाच उपलब्ध असतो. उड्डाण चालू असतानाहि हा ३५०० टनांचा वरच्या दिशेस घुसण्याचा जोर चालूच राहतो. पण इंधन संपून अग्निबाणाचें वजन जसजसें घटत जाते तसतशी त्या जोराची परिणामकारकता मात्र वाढत जाते आणि अग्निबाणाचा वेग आणखी पटींनी वाढत जातो. शेंवटी अडीच मिनिटांनी, पहिल्या काण्डांतील सर्व इंधन संपून तें कांड जेव्हां निखळून पडते, तेव्हां उरलेल्या अग्निबाणाचा वेग ताशी सुमारे ६१०० मैल झालेला असतो व तो ३६ मैल उंच गेलेला असतो.

अग्निबाणाचें दुसरें कांड — हेंहि असेच ५ इंजिनांचें आहे. पहिल्या कांडापेक्षां आकाराने व सामर्थ्यानें तें अर्थातच लहान आहे. पण त्यांत जळणारे द्रव हैड्रोजन व द्रव ऑक्सिजन यांचें इंधन मिश्रण अधिक शक्तिशाली आहे. या कांडाचा एकंदर उत्पेरक सुमारे ५०० टन आहे. सुमारे ६ मिनिटेंपर्यन्त जळून तें गळून पडतें. तेव्हां त्याचा वेग ताशी सुमारे सव्वा १५००० मैल, उंची १०६ मैल व तळापासून पूर्वेकडे ओलांडलेलें अंतर

सुमारे सव्वा ९०० मैल अशी स्थिती असते. दाट हवेतून व्हावयाच्या सुरवातीच्या १५ ते १८ मैल उर्ध्व प्रवासानंतर अग्निबाण इष्ट दिशेकडे हळुहळु वळत राहील अशी योजना नेहमीच असते.

अग्निबाणाचें तिसरे कांड— या कांडांत १ इंजिन बसविलेलें आहे. त्याचा उत्प्रेरक १०० टन आहे. या इंजिनाची उत्सर्गिणी ज्वलनकोष्ठाला उखळी सांध्यासारख्या सांध्यानें जोडलेली आहे. जेणेकरून तिचा कर्णा म्हणजे झोतावी दिशा बदलता येते व अग्निबाण इष्ट दिशेकडे वळवता येतो. पहिल्या दोन्ही कांडांतील कडेच्या चारी उत्सर्गिणी अशाच वलनक्षम जोडलेल्या असतात. तिसरें कांड दोन हप्त्यांनी जळतें. पहिल्या हप्त्यांत तें सुमारे अडीच मिनिटें जळतें. त्यावेळीं तें अपोलोसह आणखी १५ मैल उंच चढून म्हणजे भूपृष्ठापासून १२० मैल उंचीवर पोंचून, पृथ्वीभोवतीच्या इष्ट अशा कक्षेंत फिरूं लागते. आतां त्याचें इंजिन बंद केलें जातें. तें आतां पृथ्वीचा एक उपग्रह झालेलें असतें. या स्थितींत त्याची पृथ्वीभोवतीची एक/दीड फेरी विनाशक्ति पुरी होते. प्रदक्षिणा चालू असतांनाच्या दरम्यानच्या वेळांत, ‘चंद्राकडे सूर मारण्यापूर्वी सर्व तयारी व्यवस्थित आहे ना’ याची तपासणी, खात्री

केली जाते, व तें तिसरें कांड आणि त्याला जोडलेलें अपोलोयान हीं प्रदक्षिणेंतील इष्ट ठिकाणीं आल्यानंतर कांडाचे ज्वलन पुन्हा सुरूं केलें जातें. या खेपेस ज्वलन सुमारे सव्वापांच मिनिटें चालते व त्यामुळें, प्रदक्षिणेच्या वेळीं असलेल्या साडे सतरा हजार मैल वेगांत वाढ होऊन तो ताशी २४,२०० मैल होतो व चंद्राच्या दिशेने मार्गक्रमणा सुरूं होते. हा प्रवास सुमारे ७० तास चालतो. तिसऱ्या काण्डांतील इंधन संपून गेले असल्यामुळें व कांडाचें कामहि संपले असल्यानें तें यानापासून विभक्त होते. तिन्ही कांडांचें काम संपल्यामुळें ती गळून नष्ट होतात. आतां अपोलोयान आपला मार्ग थोडा बदलून प्रवास चालूं ठेवते, व सूर्याभोवती मानवनिर्मित ग्रह या स्वरूपांत वाटचाल करतें. पहिल्या कांडाचें फोलकट वेगाने व दाट हवेतून पृथ्वीवर उतरताना बहुतांश जळून समुद्रांत पडत असेल, तर त्याच कारणामुळें दुसऱ्या कांडाच्या रक्षेचे केवळ कणच पृथ्वीवर उतरत असतील किंवा वातावरणांत विखरून जात असतील.

उपकरणांचें दालन— तिसऱ्या कांडाच्या वरील बाजूस कवचाच्या आंतील अंगानें अत्यन्त महत्त्वाची विविध उपकरणें बसवलेलीं आहेत.

अग्निबाणाच्या उड्डाणाचे ऑटोमॅटिक किंवा आज्ञे-नुसार नियंत्रण करणारा हा त्याचा मेंदूच म्हणतां येईल. येणेंप्रमाणें पृथ्वीच्या वेशीपर्यन्त अपोलो यान नेऊन त्याला चंद्राकडे भिरकावून देण्याचें सॅटर्न ५ अग्निबाणाचें काम पार पडतें.

अपोलो यान— तिसऱ्या कांडावर अपोलो यान अर्थात् यानसंच बसविलेला आहे. आधी चंद्र अवतरण यान, ल्यूनार मोडयूल, चंद्रावर उतरणार आहे तें हें एवढेंच यान. या यानाचेहि दोन भाग आहेत. खालच्या बाजूची चार पायांची घडवंची-सारखी दिसणारी चंद्रस्पर्शी चौपायी, डिस्सेंट स्टेज होय. बशीसारखे खूर असलेले हे पाय चंद्रभूमीवर प्रत्यक्ष टेकायचे आहेत. चंद्रावर उतरतांना पडण्याचा वेग कमी करून अलगद उतरता यावें याकरितां आवश्यक असलेलें ‘समोर झोत सोडणारे रॉकेट इंजिन’ रेट्रो रॉकेट, प्रति अग्निबाण त्या चौपाईला बसवलेलें आहे, व त्याच्याजवळच्या टाकींत ८ टन इंधनसाठा ठेवलेला आहे.

या घडवंचीच्यावर जोड-सोड सांध्याने उड्डाण यान ॲस्सेंट स्टेज बसवलेलें आहे. चंद्रभूमीवर उतरणें

व तेथील काम झाल्यावर पुनः उड्डाण करून, चंद्रा भोवती फिरत राहिलेल्या मूळ नियंत्रण यानाला गांठणें ही कामगिरी नियोजित दोघा अंतराळ वीरांकडून पार पडायची होती ती या उड्डाणयानांत बसून पार पडलेली आहे. उड्डाणयानांत सव्वा दोन टन इंधनसाठा आहे. व त्याच्या जोरावर चंद्र पृष्ठावरून परत उड्डाण करून, ७० मैल उंचीवर चंद्राभोवती ताशी ३६४० मैल वेगाने फिरत असलेल्या नियंत्रण यानाला ते पुनः गाठूं शकतें.

हीं दोन्हीं यानें हलक्या धातूची व बेताच्या बळकटीची आहेत. सॅटर्न ५ वर बसवून नेतांना सुद्धा तीं कांचसामानासारखी जपून नेली जातात. पण, चंद्रावर सर्वच पदार्थांचें वजन—यांत अवकाश यात्रिकांचेहि आले—येथल्या केवळ एकषष्टांश भरत असल्यानें, तें पेलण्याला तीं पुरेशीं बळकट आहेत

सामग्री यान, सर्व्हिस मोड्यूल आणि नियंत्रण यान कमांड मोड्यूल या दोन्ही भागांचें हें यान, चंद्रभूमीपासून ७० मैल वर चंद्राभोवती फिरत असते. सामग्री यानाला वळवतां येणाऱ्या उत्सर्गिणीचें १० टन उत्प्रेरक असलेलें असें इंजिन जोडलेलें आहे. यानांत पुरेसा इंधनसाठा व

प्रवासात लागणाऱ्या वीज, पाणी, ऑक्सिजन इत्यादि अनेकविध गोष्टींचा साठा असतो. जातांना व येतांना वाटेत वेगाच्या दिशेच्या दृष्टीनें जरूर ती दुरूस्ती, मिड्कोर्स करेक्शन घडवणें व मुख्यत्वें, चंद्रासमीप पोंचल्यावर वेग कमी करून चंद्रभोंवती कक्षागत होणे, आणि तेथील कामगिरी संपल्यावर पुन्हा वेग वाढवून चंद्रकक्षेतून बाहेर पडून पृथ्वीकडे मार्गस्थ होणे ही शक्तीची कामें सामग्री यानाने करावयाची आहेत. येवढ्याकरता त्याचें इंजिन ५० वेळां पेटू विझू शकेल असे बनवलें आहे. परतीचा प्रवास सुमारे ६० तासांचा आहे.

सामग्री यानाच्यावर शंकूच्या आकाराचें नियंत्रण यान बसविलेलें आहे. तिघांपैकी दोन अंतराळवीर कांहीं तासपर्यन्त बाहेर पडून चंद्रावर जाऊन येतात, ही गोष्ट सोडली तर तिन्ही अंतराळवीरांचा निवास सर्वकाळ या यानांत असतो, व प्रवासाच्या तपशिलाचें नियंत्रण येथून होते; या दृष्टीनें हें यान महत्त्वाचे आहे.

परततांना पृथ्वीसमीप येईपर्यन्त नियंत्रण व सामग्री यानें एकमेकांना जोडलेली असतात. पृथ्वीच्या वाढत्या आकर्षणामुळें त्यांचा वेग ताशी २४,७६५ मैल इतका वाढलेला असतो. हा भीषण

वेग कमी करण्याला अवकाशवीरांपाशीं आतां प्रतिबाण नाहीत. पृथ्वीच्या वातावरणांतून जातांना होईल त्या विरोधाचेच तेवढे साह्य धेऊन हा वेग कमी करावयाचा आहे. या वेळीं हवेशीं होणाऱ्या टकरीमुळें व घर्षणामुळें निर्माण होणाऱ्या प्रचंड उष्णतेपासून अंतराळवीरांचा बचाव व्हावा म्हणून नियंत्रण यानाचें कवच उष्णतानिवारक, बळकट पण हलके असे बनविलेले आहे. पृथ्वीसमीप आल्यावर सामग्री वाहनाचें काम आतां संपलेलें असल्याने नियंत्रण यान त्याचा त्याग करतें; म्हणजे बुडाकडे असलेला एक लहानसा अग्निबाण उडवून नियंत्रण यान सामग्रीयानाला विभक्त करतें व स्वतः पृथ्वीकडे उतरूं लागतें. त्यापूर्वी आंतील अवकाशवीरांना दोन गोष्टी कटाक्षानें पार पाडावयाच्या असतात. एक म्हणजे यानाचा मोहरा उलट वळवून त्याचे रूंद थबकडें प्रवासाच्या दिशेस सामोरे करणें, जेणेकरून वातावरणाचा विरोध जास्तीत जास्त लाभून वेग इष्ट तेवढा घटेल; व दुसरी गोष्ट, वातावरणाच्या स्पर्श रेषेशी साडे पांच ते ७ अंशाचा कोन करणाऱ्या निरूंद पट्ट्यांतूनच वातावरणांत प्रवेश करणें. यानाला वेगवेगळ्या दिशांना रोखलेले अनेक लहानगे अग्निबाण बसविलेले असतात; त्यांच्या साह्यानें हें शक्य

होते. आतां प्रवेशाची, रीएन्ट्रीची दिशा स्पर्श रेषेशीं साडेपांच अंशापेक्षां लहान कोन करीत असेल तर यान, दगडी कपचीसारखे वातावरणाच्या आंत-बाहेर पुनः पुनः उसळ्या मारून कुठेतरी भरकटेल. उलट, प्रवेशाच्या दिशेचा कोन ७ अंशापेक्षां जास्त असेल तर, यानाचा भूपृष्ठावर, खरें म्हणजे समुद्रपृष्ठावर उतरण्याचा बाकदार मार्ग वाजवीपेक्षा आखूड आणि झपाट्यानें उतरता असा होईल, व हवेच्या विरोधाची उष्णता हिशेबापेक्षां अधिक त्वरेने निर्माण होऊन यान जळून जाईल.

सॅटर्न ५चें पहिले कांड पेटून उड्डाण करण्याअगोदर २८ मजले उंचीच्या अग्निबाणाच्या सर्वांत वरती जीवनरक्षक स्तंभ, लॉन्च एस्केप टॉवर बसविलेला असतो. खालच्या बाजूस पालथ्या नाळक्यासारखे जें टोपण दिसते तें नियंत्रण यानावर घट्ट फिट्ट बस णारें पण त्यापासून सोडविताहि येणारे असें आहे. या स्तंभांत एक घन इंधनी अग्निबाण बसविलेला असतो. स्तंभाचे प्रयोजन पुढीलप्रमाणें आहे, समजा सॅटर्न ५ व अपोलो ही उड्डाणाकरतां सिद्ध आहेत, व नियोजित तिन्ही अवकाशवीर नियंत्रणयानांतील आपापल्या बिछान्यावर पडून क्षेपणवेळेची वाट पहात आहेत; अशा स्थितींत, म्हणजे क्षेपणवेळेच्या

आधी ३० मिनिटेपर्यन्त अग्निबाणच्या कांडांत किंवा इतरत्र कांहीं बिघाड निघून वीरांच्या जीवाला धोका निर्माण झाला, तर नियंत्रणयानांतील विशिष्ट कळ दाबताच, किंवा ऑटोमॅटिक यंत्रणेनें,स्तंभांतील अग्निबाण पेटतो, व त्या हिसक्यानें नियंत्रण यान मुख्य वाहनापासून सोडवले जाऊन, स्तंभ आणि यान दूरवर उसळी मारतात. पुढें पूर्ण उंचीवर पोंचल्यावर अशाच तऱ्हेच्या तंत्रानें नियंत्रणयान स्तंभापासून वेगळे होते, व पृथ्वीवर पडतांना त्याच्या हवाई छत्र्या योग्य वेळीं उघडल्या जाऊन तें अलगत खालीं उतरतें. सॅटर्न ५ चे उड्डाण सुरूं झाल्यावर सुद्धा ३ मिनिटेंपर्यन्त ही योजना उपलब्ध असते. पण सुदैवाने असा अपघाताचा प्रसंग आला नाही, तर त्या मुदतीनंतर स्तंभांतील बाण आपोआप उडून स्तंभ मुख्य वाहनापासून सोडवला जातो.

चांद्र यात्रेचा मार्ग

चंद्रावर जाऊन पोंचण्याकरतां, चंद्र ज्या दिशेस दिसत असेल त्या दिशेलाच क्षेपणतळांवरून अग्निबाणानें मुसंडी मारायची, असा कांहीं प्रकार

या बाबतींत असणार नाही हे उघड आहे. कारण, समजा अशी मुसंडी मारलीच तरी तेथे पोचेपर्यन्त लागणाऱ्या सुमारे ७० तासांत स्वतः चंद्रच मूळच्या ठिकाणापासून हललेला असणार.

तेव्हां, यानाचा प्रवास चालूं असतांनाच्या वेळांत, चंद्र ज्या ठिकाणीं येणार असेल, त्या ठिकाणीं जाऊन पोचण्याच्या बेताने पृथ्वीवरून उड्डाण करावयाचें असतें हे ओघानेच येतें.

आतां चंद्राच्या बाबतीत सूर केव्हां मारायचा असतो ते पाहूं. बाणाचें तिसरे कांड व अपोलो यान पृथ्वी भोवतीच्या कक्षेंत प्रदक्षिणा करीत असतांना, ती यान व चंद्र यांचे जे अपेक्षित मीलनस्थल आहे त्या बिंदूच्या दृष्टीने पृथ्वीच्या बरो बर उलट बाजूस, ॲन्टिपोड जवळ असतांना त्यांची वेगवाढ व्हावयाची असते. ही वेगवाढ ताशी २४,२०० मैल प्राप्त झाल्यामुळें यान पृथ्वीभोवतीच्या एका फार मोठ्या लंबवृत्ताच्या, म्हणजेच विवृत्ताच्या, एलिप्सच्या मार्गाने प्रवास सुरूं करतें या विवृत्तावरील पृथ्वीला सर्वात जवळच्या बिंदूचें भूपृष्ठापासूनचें अंतर, उपभू अंतर, पेरिगी डिस्टन्स अर्थातच १२० मैलांचे असते, तर दूरच्या

बिंदूचे, अपभू बिंदूचे अंतर, ॲपोगी डिस्टन्स कैक लक्ष मैलांचे असतें. अपभू बिंदूच्या दिशेला, समजा चंद्र वाटेवर भेटला नसता, तर कांहीं आठवड्यांनी खूप लांबट आकाराचे विवृत्त पूर्ण करून यान पृथ्वीकडे परत आले असते व मग त्या मार्गानें त्याच्या पृथ्वीप्रदक्षिणा चालू राहिल्या असत्या. पण समजा पृथ्वीवरून सूर मारण्याचा वेग आणखी ८०० मैलांनी अधिक, म्हणजे ताशीं २५,००० मैल इतका म्हणजे मोक्षवेगाइतका असता, तर त्याचा मार्ग विवृत्तासारखा, म्हणजे बंद होणाऱ्या आकृतीचा न राहतां अन्वस्ताच्या, पॅराबोलाच्या न मिटणाऱ्या आकृतीचा होऊन ते पृथ्वीपासून कायमचे दूर निघून गेले असते. पण आतां चंद्र वाटेवर येत असल्यामुळें, त्याच्याकडे झेपावणारें यान जसजसें त्याच्या अधिक जवळ जाईल, तसतसे त्यांच्यामधल्या वाढत्या आकर्षणामुळें मार्गाचा विवृत्तपणा बिघडून जाईल हे समजण्यासारखें आहे. या परिस्थितींत परिणामी घडते तें असे— पृथ्वीला डावी प्रदक्षिणा घालून पुढे निघालेल्या यानाचा वेग साधारणतः मागे राहिलेल्या पृथ्वीच्या ओढीमुळें ज्याप्रमाणें प्रतिक्षणीं घटत जातो त्याचप्रमाणे यान डावीकडेहि खेचले जात राहते. यथाकाल चंद्र समीप आल्यावरहि डावीकडे

झुकण्याची त्याची ही प्रवृत्ति शिल्लक असल्यानें तें पृथ्वी चंद्राला जोडणारी रेषा ओलांडून तिच्या दुसऱ्या बाजूस जाते. या सुमारास, पृथ्वी चंद्र या दोन्ही गोलांची परस्पर विरूद्ध बाजूची आकर्षणें समसमान झालेलीं असतात. या नंतर चंद्राच्या आकर्षणाचा प्रभाव वाढता राहून यानाचा वेग वाढूं लागतो. या वेळीं प्रतिबाणाचा प्रयोग करूनच वेग पुरेसा कमी करावा लागतो, की ज्यामुळें यान चंद्रापासून फार दूर निघून न जाता त्याच्याभोवती इष्ट अंतरावरून उजवी प्रदक्षिणा घालूं लागते.

पुढे, प्रदक्षिणांची नियोजित संख्या पुरी झाल्या-वर, पृथ्वीकडे निघण्याकरितां प्रदक्षिणामार्गांतून पुन्हा एकदां उसळी मारावी लागते. यावेळीं प्रदक्षिणेच्या ताशीं ३६४० मैलांच्या वेगांत वाढ केली जाऊन तो ताशीं ६,००० मैल होतो. चंद्रापासून दूर निघून जाण्याचा मोक्षवेग ताशीं ५४०० मैल असल्यामुळें ताशीं ६,००० मैल वेगाने निघालेलें यान अर्थातच अन्वस्ताचा मार्ग अवलंबून, त्याच्यापासून कायमचे दूर निघून येते. ही वेगवाढ सुद्धा, यान चंद्राच्या मागील बाजूस, म्हणजे पृथ्वीच्या विरूद्ध असतांना व्हावी लागते. कीं, ज्यावेळीं मधील चंद्रगोलाच्या अडथळ्यामुळें, पृथ्वीवरील नियंत्रणकेंद्र यानाला

रेडिओनें कांहींहि सूचना-सल्ला पाठवूं शकत नाही. यान पृथ्वीकडे परतल्यावर 'डावी का उजवी' या दृष्टीनें पाहतां जातानाच्या सारखा क्रम घडतो व पृथ्वीला डावीकडे ठेवून पूर्वेकडे जात जात, वळत वळत आणि वाढत्या घनतेच्या हवेच्या विरोधाने वेग घटवत नियंत्रण यान पृथ्वीवर उतरते. पृथ्वीच्या दैनिक वलनगतीमुळें तिच्या पृष्ठावरच्या हवेच्या थरांनाहि कांहीं शत मैल मापानें मोजता येतील असे वेग पश्चिमेकडून पूर्वेकडे प्राप्त झालेलें असतात. लांबून येऊन या थरांतून खाली उतरणारें यानहि पूर्वेकडे घुसत जात असल्यानें त्याला हवेचा इष्ट तेवढा सौम्य होत असावा.

या संदर्भांत, प्रवासाच्या सुरवातीला अग्निबाण वरच्या दिशेस झेपावत असतांनाच त्याला मुख्यत्वें पूर्वेकडे कां वळविले जाते तें समजावून घेणें इष्ट होईल. पृथ्वीच्या वलनगतीमुळें विषुववृत्तावरील ठिकाणांना ताशीं सुमारे १,००० मैलांच्या व उत्तर व दक्षिणेकडील ठिकाणांना कमी होत गेलेला असा पश्चिमेकडून पूर्वेकडे असलेला वेग असतो. सॅटर्न ५ च्या केप केनेडी क्षेपणतळाला तो ताशीं ९०० मैलांचा आहे. हा वेग तळावरील प्रत्येक पदार्थांत उदाहरणार्थ उड्डाणकरतां सिद्ध असलेल्या अग्नि बाणांत भिनलेला असतो. या संचित वेगाचा,

संवेगाचा फायदा घेऊनच पथ्वीभोंवती भ्रमण करणे अधिक सुलभ होतें. याचा अर्थ, प्रदक्षिणेची दिशा अधिकांश पूर्वेकडे अशी ठेवणें क्रमप्राप्त ठरते. उलट दिशेने फिरूं लागणें अशक्य नाही, पण या सहजसंचित वेगाच्या विरूद्ध जातांना फार मोठी शक्ति वृथा खर्चावी लागेल.

प्रस्थान ठेवण्याची दिशा पश्चिम कां पूर्व असावी याचा खुलासा झाला. आतां प्रस्थान ठेवण्याची दिशा दक्षिणेकडे अधिक कां उत्तरेकडे अधिक असावी याचें उत्तर शोधूं– आकाशांत सूर्याच्या वार्षिक फेरीचा जो मार्ग अथवा पातळी, अयनवृत्त एक्लिप्टिक भासमान होते, ती आपल्या विषुववृत्ताच्या पातळीशीं २३।। अंशाचा कोन करणारी आहे. चंद्राची भ्रमण पातळी अयनवृत्ताशीं सुमारे ५। अंशाचा कोन करते. त्यामुळें आकाशांत चंद्राचें स्थान विषुववृत्ताच्या पातळीच्या उत्तरेला व दक्षिणेला २८।। अंशापर्यन्त पसरलेल्या एकंदर ५७।। अंश रून्दीच्या पट्ट्यांत कुठेंहि असूं शकते. तेव्हां यान पोचण्याच्या वेळीं चंद्र कोणत्या अक्षांशावर असेल त्या बेताने सुरवातीच्या पृथ्वी प्रदक्षिणेची पातळी साधणें व त्याकरतां इष्ट तेवढ्या दक्षिण-उत्तर दिशेंत उड्डाण करणें हें योग्य ठरतें.

त्यामुळें प्रवास सुरूं झाल्यावर दुरूस्त्या कमी करांव्या लागतात.

उड्डाणाचा तिथिनिश्चय

उड्डाणाच्या तारखेचा, खरे म्हणजे तिथीच्या निवडीसंबंधीं थोडी माहिती आतां समजावून घेऊं. अपोलो ८ व १० हीं गेल्या डिसेबर व मे मध्यें झालेलीं उड्डाणें शुद्ध द्वितियेला झालीं होतीं हें ध्यानीं घ्यावें. अपोलो ११ चे, चंद्रभूमीवर प्रत्यक्ष मानव उतरण्याचें उड्डाणहि आषाढ शु।। द्वितियेलाच योजले. या निवडींत कांहीं हेतू अवश्य आहे. द्वितियेला होणाऱ्या उड्डाणानंतर प्रवासाचे ७० तास गेल्यानंतर यान चंद्राच्या परिसरांत पोचते. तेव्हां पंचमी षष्ठीचा काल असतो; चंद्र हा ६०/६५ अंश पूर्वेकडे सरकलेला असतो, व चंद्रबिंबाच्या, आपल्याला नेहमी दिसणाऱ्या पृष्ठभागापैकी चंद्राच्या पूर्वेकडील सुमारे तिसरा हिस्सा सूर्यप्रकाशांत आलेला असतो. त्या प्रकाशित भागालाच आपण पंचमी षष्ठीची कोर म्हणतो. चंद्रावर आतांपर्यन्त जाऊन आलेल्या विविध यानांनी मिळविलेल्या फोटोवरून,पूर्वेकडील या एकतृतियांश

भागावरील चंद्राच्या विषुववृत्ताच्या आसपासच्या तीन चार जागा अवतरणाच्या दृष्टीने शास्त्रज्ञांनी निवडल्या आहेत. पण हें ठरविण्याकरतां किंवा प्रत्यक्ष अवतरणाच्यावेळीं, सूर्याचे किरण या हेरलेल्या प्रदेशावर किती अंशाचा कोन करून पडतात हे महत्वाचे आहे. किरण ७ ते २० अंशाच्याकोनाने पडले म्हणजे तेथील टेकड्यांच्या तसेच विवरांच्या कडांच्या सावल्या बेताच्या लांबीच्या पडतात व चंद्रभूमीचा उंचसखलपणा जास्तीत जास्त स्पष्टतेनें प्रतीत होतो. या अडचणीची तीव्रता वाढविणारे आणखीहि एक कारण आहे, तें असे. पृथ्वीच्या वातावरणांतून जातांना सूर्यकिरणांच्या होणाऱ्या विकिरणामुळें प्रत्यक्ष उन्हांत नसलेल्या वस्तूहि प्रकाशित होतात व आपल्याला त्या स्पष्ट दिसतात. पण चंद्रावर हवाच नसल्याने तेथें हा फायदा उपलब्ध नाही. तेथें सावली म्हणजे पूर्ण अंधार व प्रकाश म्हणजे प्रकाशित प्रदेशाचे चढउतार वेगळे दिसूं न देणारा अतिझगझगीत प्रकाश अशी परिस्थिती आहे. या विपरीत परिस्थितींतून जास्तीत जास्त मार्ग निघतो, तो अवतरणाकरतां संकल्पिलेल्या तेथील प्रदेशावर सूर्याचे किरण म्हणजे चंद्राच्या पूर्व क्षितिजावर सूर्यबिंब ७ ते २० अंशाच्या कोनामध्यें आले

असेल तेव्हांच हें शक्य आहे. आणि म्हणून प्रस्थानाची तिथि निर्णित होते. वाटेल त्या तिथीला प्रवासाला निघून काम होणार नाही.